

LAW OFFICES  
**SUGHRUE, MION, ZINN, MACPEAK & SEAS, PLLC**

2100 PENNSYLVANIA AVENUE, N.W.  
WASHINGTON, DC 20037-3213  
TELEPHONE (202) 293-7060  
FACSIMILE (202) 293-7860

CALIFORNIA OFFICE

100 EL CAMINO REAL  
MENLO PARK, CA 94025  
TELEPHONE (650) 325-5800  
FACSIMILE (650) 325-6606

September 29, 1998

JAPAN OFFICE

TOEI NISHI SHIMBASHI BLDG. 4F  
13-5 NISHI SHIMBASHI 1-CHOME  
MINATO-KU, TOKYO 105, JAPAN  
TELEPHONE (03) 3503-3760  
FACSIMILE (03) 3503-3750

**BOX PATENT APPLICATION**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Re: Application of Akitaka KIMURA  
SEMICONDUCTOR LAYER FORMED BY SELECTIVE DEPOSITION AND  
METHOD FOR DEPOSITING SEMICONDUCTOR LAYER  
Our Ref. Q051885

Dear Sir:

Attached hereto is the application identified above including 26 sheets of the Japanese-language specification, claims, 7 sheets of informal drawings, and a copy of the executed Declaration and Power of Attorney. A verified English translation of the application and the Assignment will be filed at a later date.

The Government filing fee is calculated as follows:

Total claims	<u>26</u>	-	20	=	<u>6</u>	x	\$22.00	=	<u>\$132.00</u>
Independent claims	<u>3</u>	-	3	=	<u>0</u>	x	\$82.00	=	<u>\$0.00</u>
Base Fee									<u>\$790.00</u>

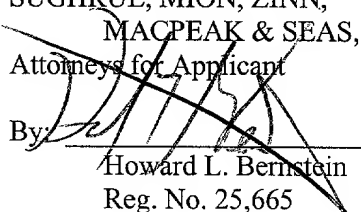
**TOTAL FILING FEE**

**\$922.00**

A check for the statutory filing fee of \$922.00 is attached. You are also directed and authorized to charge or credit any difference or overpayment to Deposit Account No. 19-4880. The Commissioner is hereby authorized to charge any fees under 37 C.F.R. §§ 1.16 and 1.17 and any petitions for extension of time under 37 C.F.R. § 1.136 which may be required during the entire pendency of the application to Deposit Account No. 19-4880. A duplicate copy of this transmittal letter is attached.

Priority is claimed from September 29, 1997 based on Japanese Application No. 264225/97. The priority document will be filed at a later date.

Respectfully submitted,  
SUGHRUE, MION, ZINN,  
MACPEAK & SEAS, PLLC  
Attorneys for Applicant

By:   
Howard L. Bernstein  
Reg. No. 25,665  
for J. Frank Osha  
Reg. No. 24,625

1/26

19698

## 明 細 書

【発明の名称】 選択成長法により形成された半導体層及びその成長方法

【発明の背景】

【発明の分野】

本発明は、選択成長を用いた半導体層及びその成長方法に関し、特に選択成長用マスク材料の混入のない半導体層及びその成長方法に関する。

本発明はまた、選択成長を用いた窒化物系半導体層及びその成長方法に関し、特に選択成長用マスク材料の混入のない窒化物系半導体層及びその成長方法に関する。

本発明はまた、選択成長法を用いた窒化物系半導体発光素子及びその製造方法に関し、特に選択成長用マスクの開口部の広がりがなく、選択成長層にマスク材料の混入のない窒化物系半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【関係する技術の説明】

窒化ガリウムは、燐化インジウムや砒化ガリウムなどの他の化合物半導体に比べ、禁制帯エネルギーが3.4 eVと大きい。そのため、窒素を構成元素として有する半導体（以下窒化物系半導体）を用いた、緑から紫外の比較的短い波長で発光する素子（以下窒化物系半導体発光素子）、例えば発光ダイオード（以下窒化物系発光ダイオード）や半導体レーザ（以下窒化物系半導体レーザ）が実現されている。窒化物系半導体は形成方法により主に六方晶と立方晶の2種類の結晶構造をとり得るが、通常六方晶の方がエネルギー的に安定である。

《従来例1》

図6は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である（S. Nakamura et al., Extended Abstracts of 1996 International Conference on Solid State Devices and Materials, Yokohama, 1996, pp.67-69）。

09161981-092998

2/26

19698

図6に於いて、この窒化物系半導体レーザは、(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンダーのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N量子井戸層と厚さ50ÅのアンダーのIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113が形成されている。

図6に示された従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶である。図6に示された従来の窒化物系半導体レーザに於いては、結晶成長によって平坦なサファイア基板201上に全ての半導体層が形成されている。

#### 《従来例2》

図7は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である(S. Nakamura et al., Appl. Phys. Lett. 69(1996) 1477)。図7に於いて、(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ

09151991-092999

3/26

19698

0.5  $\mu\text{m}$ のn型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層605、珪素が添加された厚さ0.1  $\mu\text{m}$ のn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ30 ÅのアンドープのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N量子井戸層と厚さ60 ÅのアンドープのIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層707、マグネシウムが添加された厚さ200 Åのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1  $\mu\text{m}$ のp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.5  $\mu\text{m}$ のp型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層710、マグネシウムが添加された厚さ0.2  $\mu\text{m}$ のp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113、酸化珪素膜215が形成されている。

図7に示された、従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶である。図7に示された従来の窒化物系半導体レーザに於いては、結晶成長によって平坦なサファイア基板201上に一旦全ての半導体層が形成された後に、リッジ構造を形成するためにその一部がドライエッチングされていた。

### 《従来例3》

図8は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である(特願平08-343125号)。図8に示された従来の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300 Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3  $\mu\text{m}$ のn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1  $\mu\text{m}$ のn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド防止層104、珪素が添加された厚さ0.4  $\mu\text{m}$ のn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1  $\mu\text{m}$ のn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25 ÅのアンドープのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N量子井戸層と厚さ50 ÅのアンドープのI

09161931-09299866260-18679760

4/26

19698

n<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200 Åのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1 μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4 μmのp型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2 μmのp型窒化ガリウム層214、厚さ2000 Åの酸化珪素膜215、マグネシウムが添加された厚さ1.0 μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。図8に示された、従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て（0001）面を表面とする六方晶である。

図8に示された従来の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、n型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[1-100]方向に、熱化学気相堆積法により幅5 μmのストライプ状の開口部を持つ酸化珪素膜215を形成した。しかる後に、V原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度1050℃で、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。図9はここまでの工程終了後の概略断面図である。前記酸化珪素膜215には、900 μm間隔で幅5 μmのストライプ状の開口部を形成した。

09161991-092099

5/26

19698

図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザは、電流狭窄構造および基板と水平な方向の光閉じ込め構造を有していないために、発振しきい値電流が大きいという問題があった。

図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっている。このため、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザに比べ、発振しきい値電流が小さいという利点があった。しかし、前記リッジ構造はドライエッチングにより形成されている。これにより、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層111と間の接触面積が小さいため、p電極の接触抵抗が大きく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111の面積が小さいため、p型窒化ガリウムコンタクト層111のバルク抵抗が大きいという問題があった。また、一般に、ドライエッチングに関しては、エッチングレートの制御性が悪く、かつ、半導体層に損傷を与えやすい等の問題がある。

図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっている。このため、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザに比べ、発振しきい値電流が小さいという利点があった。その上、前記リッジ構造は、選択成長法により、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の $[1-100]$ 方向に平行に形成されている。

これにより、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザに比べ、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層111と間の接触面積が大きいため、p電極の接触抵抗が小さく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111の面積が大きいため、p型窒化ガリウムコンタクト層111のバルク抵抗が小さいという利点があった。また、一般に、選択成長法に関しては、成長速度の制御性がドライ

00161981-092998

6/26

19698

エッチングのエッチングレートの制御性に比べ優れており、かつ、半導体層に損傷を与えることもない、という利点がある。

しかし、一般に、有機金属化学気相成長法により窒化物系半導体を形成する場合には、他の化合物半導体を形成する場合に比べ、基板を高温に加熱する必要がある。このため、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いても、マスクの開口部にのみ選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する工程を含め、窒化ガリウム低温成長バッファ層102を形成する工程を除き、構成元素としてインジウムを有しない半導体層の結晶成長工程の全てで基板を1050℃に加熱している。一方、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜は800℃程度以上の温度で部分的な分解を開始する。このため、p型窒化ガリウムコンタクト層111の形成中に、酸化珪素膜215が後退し、開口部が広がってしまい、選択成長層の幅を所望の幅に制御するのが難しいという問題があった。

さらに、酸化珪素膜215の分解に起因する珪素が、p型窒化ガリウム層214とp型窒化ガリウムコンタクト層111との間の再成長界面に堆積し、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111に取り込まれるという問題があった。これにより、p型窒化ガリウムコンタクト層111に多くの結晶欠陥が生じ、かつ、珪素が窒化物系半導体にとってn型の不純物であるため、選択成長により素子を形成した場合に電流電圧特性が悪化するという問題があった。

さらに、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、酸化珪素膜215の被覆率が99%と極めて高いため、前記酸化珪素膜215をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111の成長速度が極端に速く、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が悪く、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111に結晶欠陥が多いという問題があった。

09161981-092998

7/26

19698

**【発明の概要】**

そこで、本発明は、上記した問題を解決した半導体層の成長方法を提供することを目的としている。

、本発明の第2の目的は、制御性の優れた半導体層に損傷を与えることのない、半導体層の成長方法を提供せんとするものである。

、本発明の第3の目的は、マスク開口部が広がることなく、選択成長層の幅を所望の幅に制御できる優れた制御性を有する、半導体層の成長方法を提供せんとするものである。

、本発明の第4の目的は、結晶欠陥の少ない半導体層の成長方法を提供せんとするものである。

上記目的を達成するため、本発明の半導体層の成長方法は、半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層をn型にする元素

00161981.092998



8/26

19698

を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料が窒化珪素であることを特徴とする。

本発明の選択成長法による半導体層は、半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長するp型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする。

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長するp型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料が窒化珪素であることを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長させることにより、電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成することを特徴とする。

09161981-092998

9/26

19698

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第2導電型半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に形成する工程とを有することを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成する工程を有することを特徴とする。

また前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする。さらに前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体発光素子は、窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を有することを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体発光素子は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に選択的に結晶成長した第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系

09161981-092998

10/26

19698

半導体層とが順次形成されていることを特徴とする。

本発明の窒化物系半導体発光素子は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方とを有することを特徴とする。

また前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする。さらに前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする。

特に、前記マスクを表面に形成する半導体の結晶構造が六方晶であって、かつ、その表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$ )面となす角が10°以内である面であって、かつ、前記マスクのストライプ方向を半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向となす角が10°以内である方向に形成することが好ましい。

さらに、前記第1導電型がn型であって、前記第2導電型がp型であることが好ましい。また前記窒素を構成元素として有する半導体層が、一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x + y \leq 1$ ) で表されることを特徴とする。また前記窒素を構成元素として有する半導体層が、一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x + y \leq 1$ ) で表されることを特徴とする。

#### 【図面の簡単な説明】

図1は、実施例1に示された、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

00161981-092998

11/26

19698

図2は、実施例1に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

図3は、実施例2に示された、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

図4は、実施例2に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

図5は、実施例1に示された窒化物系半導体レーザの二次イオン質量分光分析結果を示すグラフである。

図6は、従来例1に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

図7は、従来例2に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

図8は、従来例3に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

図9は、従来例3に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

#### 【好ましい実施例の説明】

以下、本発明の実施例を図面を参照して詳しく説明する。

##### 《実施例1》

本発明の一実施例である実施例1では、窒化珪素膜をマスクとした選択成長法により、窒化物系半導体レーザのリッジ構造を形成した。

図1は、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンドープのI

09161981-092998

12/26

1 9 6 9 8

$\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ50 Åのアンダーの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200 Åのp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1 μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4 μmのp型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2 μmのp型窒化ガリウム層214、厚さ3000 Åの酸化珪素膜215、マグネシウムが添加された厚さ1.0 μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの窒化物系半導体層は全て(0 0 0 1)面を表面とする六方晶である。

次に図2を用いて、図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。図2は、実施例1の窒化物系半導体レーザの製造工程の一部を抜き出した概略断面図である。まず、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、n型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、p型窒化ガリウム層214を順次形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103或いはp型窒化ガリウム層214の結晶の[1-100]方向に、プラズマ化学気相堆積法により900 μm間隔で幅5 μmのストライプ状の開口部を持つ酸化珪素膜216を形成する。

通常、窒化珪素膜を形成する場合、原料としてシラン( $\text{SiH}_4$ )とアンモニア( $\text{NH}_3$ )を用いる。アンモニア( $\text{NH}_3$ )を熱により分解するには1000℃程

13/26

1 9 6 9 8

度以上の高温が必要であり、このような高温で成膜を制御するのは容易ではない。このため、実施例1では、窒化珪素膜を形成する際に、成膜時の基板温度は200～250℃程度の比較的低温に抑え、代わり高周波により発生させたプラズマを用いてアンモニア(NH<sub>3</sub>)を分解するプラズマ化学気相堆積法を用いている。

しかる後に、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、窒化珪素膜216をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度1050℃で、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する。図2はここまでの工程終了後の概略断面図である。

ここで、実施例1に於いて、窒化珪素膜216のマスクの開口部が広がることなく、選択成長したp型窒化ガリウムコンタクト層111に多くの結晶欠陥が生じず、かつ、素子の電流電圧特性が悪化しない理由を説明する。通常、プラズマ化学気相堆積法により形成された窒化珪素膜も、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜と同様に、800℃程度以上の温度で部分的な分解を開始する。しかし、図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111のV族原料としてアンモニア(NH<sub>3</sub>)を供給しているので、1000℃程度以上のアンモニア(NH<sub>3</sub>)雰囲気中で、アンモニア(NH<sub>3</sub>)が分解して気相中の窒素分圧がある程度以上存在する。したがって、窒化珪素(SiN)膜からのNの脱離と窒化珪素(SiN)膜へのNの吸着が平衡状態となり、1050℃という高い基板温度でp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成しているにも関わらず、窒化珪素膜216の分解が抑制される。このため、p型窒化ガリウムコンタクト層111の形成中に、窒化珪素膜216が後退し開口部が広がることが抑制される。

よって窒化珪素膜216の分解に起因する珪素が、p型窒化ガリウム層214とp型窒化ガリウムコンタクト層111との間の再成長界面に堆積し、p型窒化

09161981.092998

14/26

19698

ガリウムコンタクト層111に取り込まれることもない。

図5に実施例1の製造方法により製造された図1に示す窒化物系半導体レーザの二次イオン質量分光分析結果を示す。実施例1では、再成長界面に珪素の堆積は見られない。したがって、p型窒化ガリウムコンタクト層111に多くの結晶欠陥が生じることもなく、かつ、素子の電流電圧特性が悪化することもない。

### 〈実施例2〉

本発明の一実施例である実施例2では、被覆率の小さな窒化珪素膜をマスクとした選択成長法により、窒化物系半導体レーザのリッジ構造を形成した。

図3は、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンドープのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N量子井戸層と厚さ50ÅのアンドープのIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウム層214、厚さ2000Åの窒化珪素膜216、マグネシウムが添加された厚さ1.0μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、マグネシウムが添加された厚さ1.0μmのp型窒化ガリウム層116、厚さ2000Åの酸化珪素膜215、ニッケル(第1

09161981-092998

15/26

19698

層) および金(第2層) からなるp電極112、チタン(第1層) およびアルミニウム(第2層) からなるn電極113が形成されている。図3に示された、本発明の一実施例である窒化物系半導体レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶である。

次に図4を用いて、図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。図4は、実施例2の窒化物系半導体レーザの製造工程の一部を抜き出した概略断面図である。まず、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラック防止層104、n型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を順次形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[1-100]方向に、プラズマ化学気相堆積法により900 $\mu$ m間隔で幅5 $\mu$ mのストライプ状の開口部を形成すると同時に、幅5 $\mu$ mのストライプ状の開口部と開口部の間にダミーの幅875 $\mu$ m持つ窒化珪素膜216を形成した。

実施例2では、窒化珪素膜を形成する際に、成膜時の基板温度は200~250 $^{\circ}$ C程度の比較的低温に抑え、代わり高周波により発生させたプラズマを用いてアンモニア(NH<sub>3</sub>)を分解するプラズマ化学気相堆積法を用いている。

しかる後に、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、前記窒化珪素膜216をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度1050 $^{\circ}$ Cで、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111およびダミーのp型窒化ガリウム層116を形成した。図4はここまでの工程終了後の概略断面図である。

03161981-092998



16/26

19698

窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、窒化珪素膜216の被覆率を下げるために形成したダミーの幅875 $\mu$ mのストライプ状の開口部にも、ダミーのp型窒化ガリウム層116が形成される。そこで、電流が前記ダミーのp型窒化ガリウム層116を流れないように、ダミーのp型窒化ガリウム層116を絶縁体膜で覆う必要がある。

図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザに於いては、絶縁体膜として酸化珪素膜215が用いられている。この場合、酸化珪素膜215には、p型窒化ガリウムコンタクト層111の上部にのみ、p電極112をp型窒化ガリウムコンタクト層111に接触させるための開口部を設けることになる。酸化珪素は弗酸をエッチング液としたウエットエッチングにより容易に除去出来るが、その際に、選択成長マスク216を同時に除去してしまわないように注意しなければならない。一般に、プラズマ化学気相堆積法により形成された窒化珪素膜は、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜に比べ、弗酸によるウエットエッチングレートが遅いため、選択成長マスク216として窒化珪素を用いた場合、酸化珪素膜215に開口部を設ける工程が容易であるという利点もある。

ここで、実施例2に於いて、窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111の成長速度が極端に速いということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層111に結晶欠陥が少ない理由を説明する。

選択成長法では、半導体層の一部がマスクにより被われている、試料表面に供給された原料のうち、マスク上に飛来した原料は、マスク上マイグレーションかつ/または気相中拡散により、マスク開口部に移動する。このため、選択成長では、同じ成長条件で行なったマスクなしの平坦成長に比べ、マスク開口部への原料の供給量が多く、その結果、成長速度が速くなる。この成長速度の増加は、マスクパターンなしの平坦成長に対し被覆率の逆数倍程度となり、マスクの被覆率

00151981 092998 955260 18619160

17/26

19698

が高い場合は、成長速度が極端に速くなる。

図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、窒化珪素膜216の被覆率が2%と極めて低いため、図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの製造方法と異なり、窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111の成長速度が極端に速くなるということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層111に結晶欠陥が少なくなる。

以上のように、本実施例に於いては、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっているため、発振しきい値電流を小さくできる。その上、リッジ構造は、選択成長法により、n型窒化ガリウムコンタクト層ないしp型窒化ガリウム層の結晶の $[1 \ -1 \ 0 \ 0]$ 方向に平行に形成されている。これにより、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層と間の接触面積が大きいため、p電極の接触抵抗が小さく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層の面積が大きいため、p型窒化ガリウムコンタクト層のバルク抵抗を小さくできる。また、電流狭窄構造および基板と水平な方向の光閉じ込め構造を形成するためのドライエッチングが不要となる。さらに、このような利点に加え、窒化珪素膜のマスクの開口部が広がることなく、選択成長したp型窒化ガリウムコンタクト層に多くの結晶欠陥が生じず、かつ、素子の電流電圧特性が悪化することがないという利点がある。

また実施例2に於いては、窒化珪素膜をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層の成長速度が極端に速いということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層の結晶欠陥が少ないという実施例1にない利点もある。

18/26

19698

### 《実施例の変形》

上記の実施例1、実施例2の窒化物系半導体レーザの変形例について説明する。

窒化物系半導体レーザの構造について、本実施例に示された構造の窒化物系半導体レーザにのみ限られるものではなく、各層の層厚や各層の組成や各層のドーピング濃度や電極材料やマスク材料やドライエッチング深さやストライプ幅等の様々な組み合わせの窒化物系半導体レーザに於いて支障なく実施することが出来る。また選択成長法を用いたリッジ構造を有する窒化物系半導体レーザおよびその製造方法について述べたが、これに限られるものではなく、選択成長法を用いて電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成するあらゆる窒化物系半導体レーザおよびその製造方法に於いて、本発明は有効である。

光導波路の方向について、本実施例に於いては、光導波路が半導体結晶の $[1-100]$ 方向に形成されているが、光導波路は半導体結晶の $[1-100]$ 方向または $[1-100]$ 方向と $10^\circ$ 以内の角をなす方向に形成されていれば、本発明の実施に支障はない。さらに、光導波路を半導体結晶の $[1-100]$ 方向と $10^\circ$ 以上の角をなす方向に形成した場合に於いても、p電極 $112$ の接触面積が減ること以外には、本発明の実施に支障はない。

窒化物系半導体層を成長する基板について、本実施例に於いては、いずれも $(0001)$ 面を表面とするサファイア基板上に形成されているが、 $(11-20)$ 面を表面とするサファイア基板上あるいは $(0001)$ 面および $(11-20)$ 面以外の面を表面とするサファイア基板に形成してもよく、例えば炭化珪素基板あるいは $MgAl_2O_4$ 基板あるいは窒化ガリウム基板といった他の基板上に形成した場合も、本発明の実施に支障はない。

窒化物系半導体層の表面について、本実施例に於いては、いずれも、窒化物半導体層の表面は $(0001)$ 面であるが、窒化物半導体層の表面は $(0001)$ 面または $(0001)$ 面とのなす角が $10^\circ$ 以内である面であれば、本発明の実

09161981-092999

1 9 6 9 8

窒化物系半導体層の混晶について、本実施例に於いては、全ての窒化物系半導体層が一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x + y \leq 1$ ) で表される材料について述べたが、例えば一般式  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ) で表される窒化物系半導体層等の材料が選択成長法により形成する場合についても、本発明は有効である。但し、例えば  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) 層を選択成長法により形成する場合に、砒素と窒素の所望の組成比等からアンモニアの供給量が決まるため、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x + y \leq 1$ ) 層を選択成長法により形成する場合に比べ、アンモニアの供給量が少ない。このため、高い基板温度で選択成長を行なった際に、窒素を構成元素として有する選択成長用マスクの

20/26

1 9 6 9 8

分解を十分に抑制出来ない怖れがある。よって、本発明は、窒素のみをV族構成元素として有する半導体層、例えば  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$ ) 層等を選択成長法により形成する場合に於いて、最も有効である。

窒化物系半導体レーザにおける各層の導電型について、本実施例に於いては、結晶成長により形成される窒化物系半導体層の基板側がn型であり、かつ、表面側がp型である窒化物系半導体レーザおよびその製造方法について述べたが、基板側がp型であり、かつ、表面側がn型である場合に於いても、本発明は有効である。但し、p型の窒化物系半導体の抵抗率は  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  程度と比較的高いため、サファイア等の導電性のない基板を用いる場合には、素子抵抗低減のために、結晶成長により形成される半導体層の基板側をn型とし、かつ、表面側がp型とする方が望ましい。

窒化珪素膜の堆積法について、本実施例に於いては、プラズマ化学気相堆積法で窒化珪素膜を形成したが、比較的低温で分解するヒドラジン ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )・ジメチルヒドラジン ( $(\text{N}_2\text{H}_2(\text{CH}_3)_2)$ ) 等の他の窒素原料を用いれば、プラズマ化学気相堆積法でなくともよい。

窒化物系半導体層以外の選択成長層について、本実施例においては、窒化物系半導体層の選択成長の場合について説明したが、これに限られるものではなく、選択成長法を用いて成長する層を構成する元素と選択成長用のマスクを構成する元素とに共通な元素があればよく、望ましくは実施例1、2に示したSiNのように選択成長用マスクの材料が選択成長層と共通な元素と他の1つの元素の方がよい。

本発明を用いた他の素子について、本実施例においては、窒化物系半導体レーザ及びその製造方法について説明したが、これに限られるものではなく選択成長法を用いて製造する素子であれば適用可能であり、例えば発光ダイオード、面発光素子等の製造方法にも利用できる。

09161981-09298

21/26

19698

本発明の製造方法によれば、マスクの開口部にのみ選択的成長する層の成長温度が、一般的に選択成長用マスクを部分的に分解するような温度となる場合でも、マスクの開口部は広がることはない。

したがって選択成長用マスクの分解に起因する元素が選択成長する層の再成長界面に堆積することや選択成長する層に取り込まれることを防止できるので、選択成長する層には多くの結晶欠陥は生じず、かつ、製造された素子は良好な電流電圧特性が得られる。

さらに、選択成長法により層を形成する際に、成長速度が極端に速くなるということがなく、選択成長する層の厚さの制御性が良く、結晶欠陥も少くできる。

09361981 09361981

22/26

19698

## ・ 特許請求の範囲

1. 半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記半導体層の構成元素の一部とが同じである半導体層の成長方法。
2. 前記半導体層は窒化物系半導体層であり、前記窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じである、請求項1記載の半導体層の成長方法。
3. 前記窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有する、請求項2記載の半導体層の成長方法。
4. 前記窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料が窒化硅素である、請求項2記載の半導体層の成長方法。
5. 半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型半導体層の構成元素の一部とが同じである、選択成長法により形成される半導体層。

23/26

1 9 6 9 8

6. 前記半導体層は窒化物系半導体層であり、前記窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じである、請求項5記載の選択成長法により形成される半導体層。

7. 前記窒化物系半導体層を n 型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する p 型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有する、請求項 6 記載の選択成長法により形成される半導体層。

8. 前記窒化物系半導体層を n 型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する p 型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料が窒化珪素である、請求項 6 記載の選択成長法により形成される半導体層。

9. 窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長させることにより、電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成する、窒化物系半導体発光素子の製造方法。

10. 前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素である、請求項9記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

11. 前記マスクの被覆率が50%以下である、請求項10記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

12. 基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第2導電型半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成



1 9 6 9 8

20. 前記マスクの被覆率が50%以下である、請求項19記載の窒化物系半導体発光素子。

Figure 1 consists of 12 histograms arranged in a single row. Each histogram represents the frequency distribution of the number of non-zero elements in the vector  $x$  for a specific value of  $n$ . The x-axis for all histograms is 'Number of non-zero elements in  $x$ ' with major ticks at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The y-axis is 'Frequency' with major ticks at 0, 2, 4, 6, 8, and 10. The histograms are labeled with  $n$  values: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, and 120. As  $n$  increases, the distribution becomes more concentrated around  $n$ , and the peak frequency increases.

25/26

1 9 6 9 8

21. 基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に選択的に結晶成長した第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層とが順次形成されている、請求項18記載の窒化物系半導体発光素子。

22. 前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素である、請求項21記載の窒化物系半導体発光素子。

23. 前記マスクの被覆率が50%以下である、請求項22記載の窒化物系半導体発光素子。

24. 基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方とを有する、請求項18記載の窒化物系半導体発光素子。

25. 前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素である、請求項24記載の窒化物系半導体発光素子。

26. 前記マスクの被覆率が50%以下である、請求項25記載の窒化物系半導体発光素子。

09161961 092998

26/26

19698

## 要 約

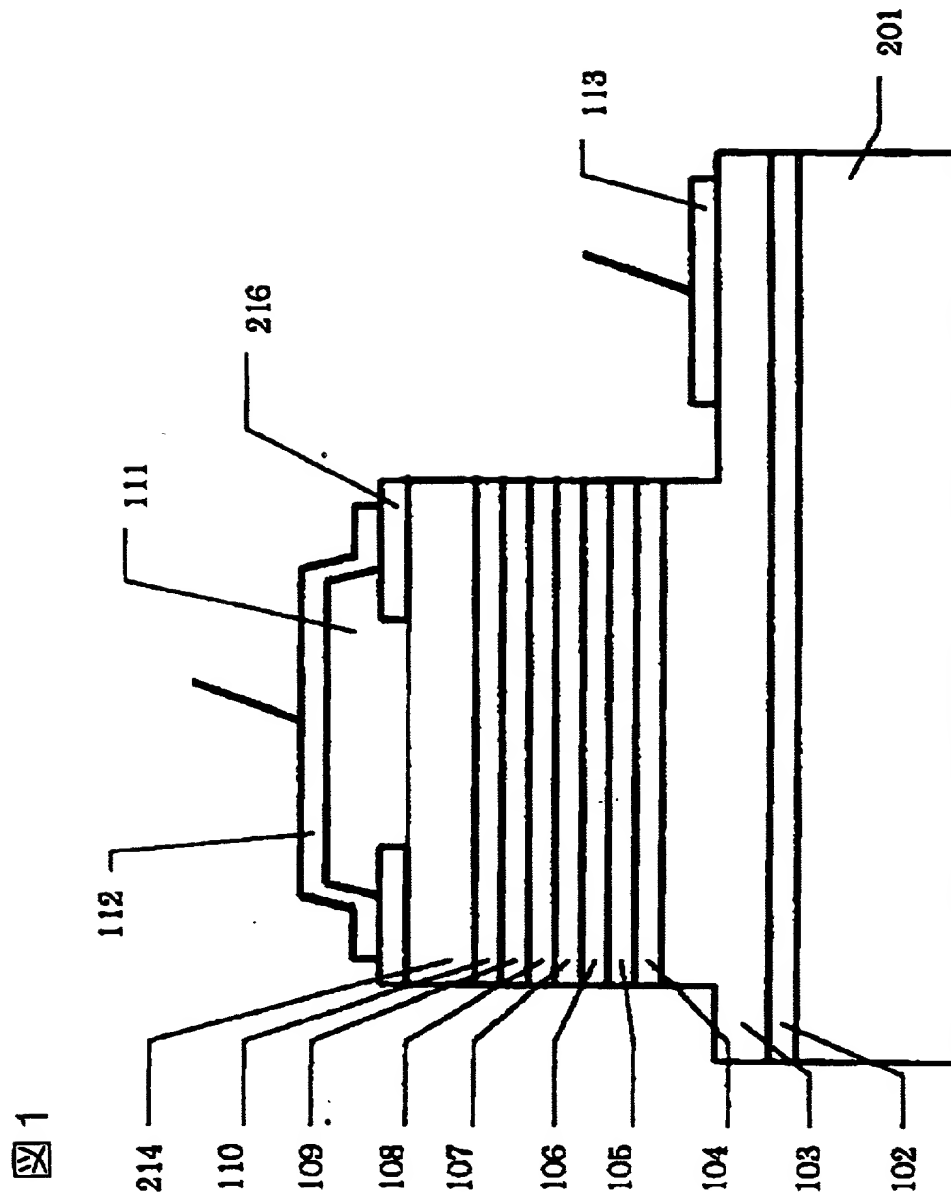
選択成長法を用いて電流狭窄構造や基板と水平な方向の光の閉じ込め構造を形成する窒化物系半導体レーザの製造方法に於いて、有機金属化学気相成長法による窒化物系半導体の選択成長の際に、選択成長用マスクとして用いられる酸化珪素膜の分解に起因する再成長界面への珪素の堆積を抑制する。

そのために、窒化珪素膜を選択成長用マスクとして用い、有機金属化学気相成長法による窒化物系半導体の選択成長の際には、窒化物系半導体のV族即ち窒素原料、例えばアンモニア、を供給するため、選択成長用マスクとして用いられる窒化珪素膜の分解は抑制される。

00161981-0022998

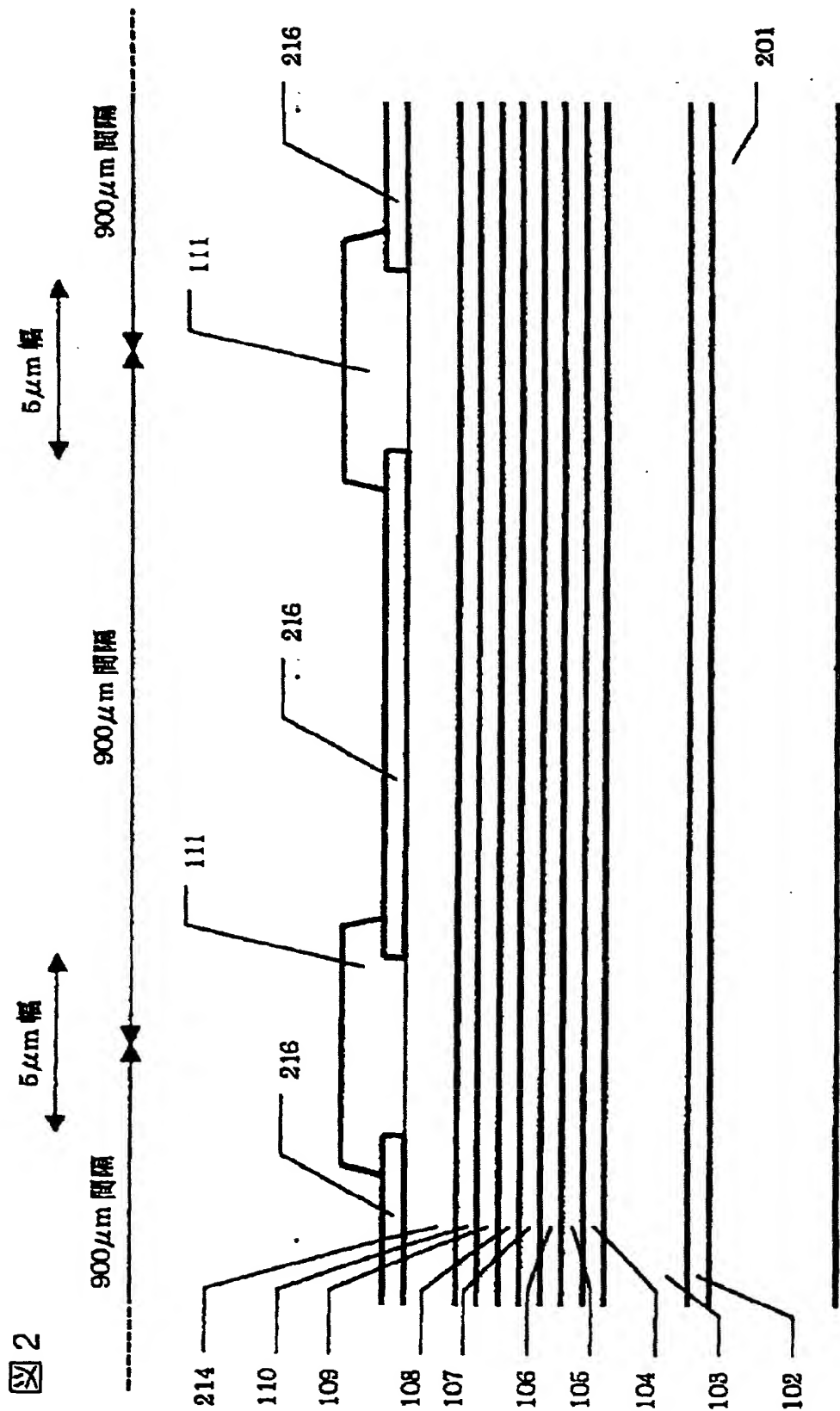
1/7

19698



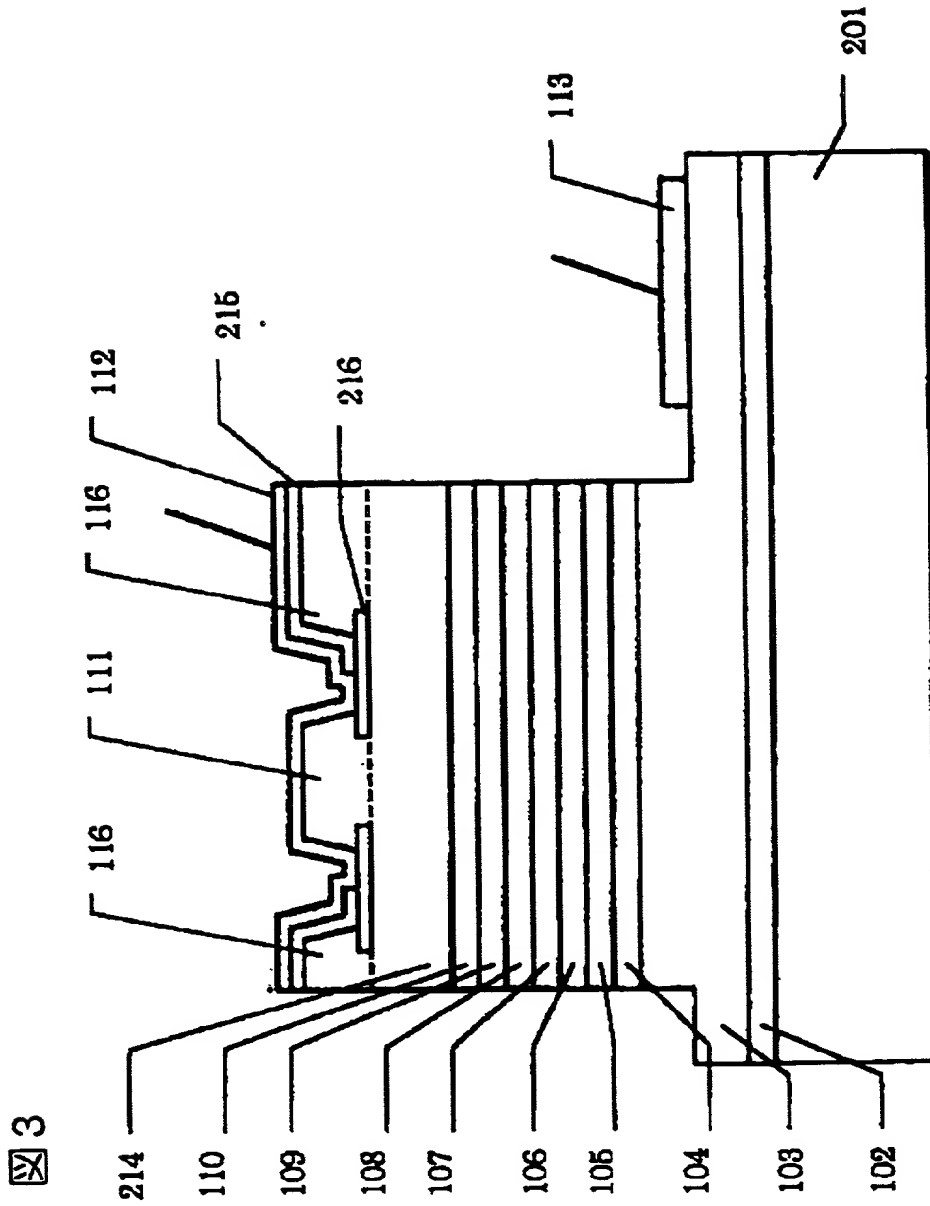
2/7

19698



3/7

19698

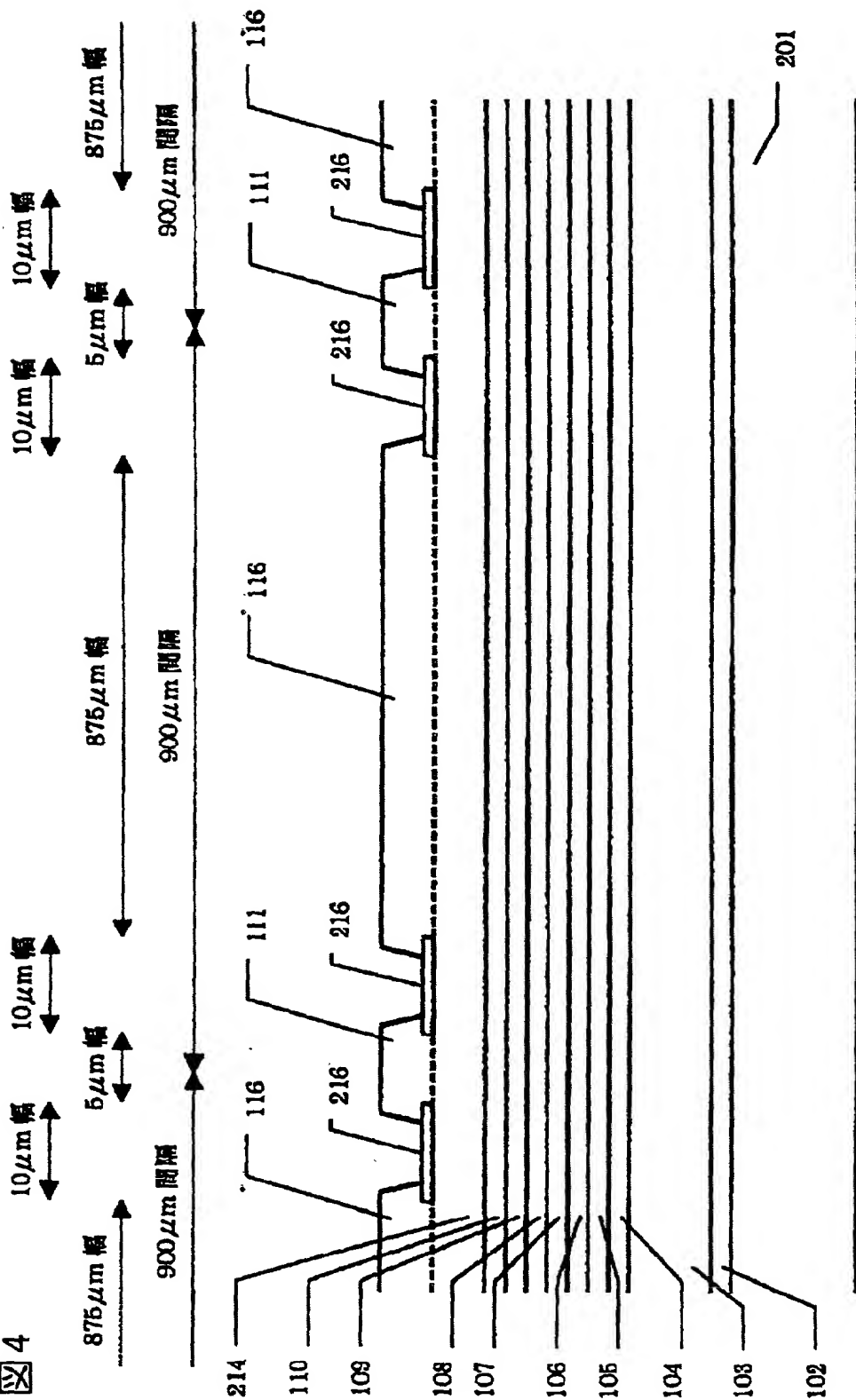


4/7

19698

355250" F86T5F50

図 4



5/7

19698

図 5

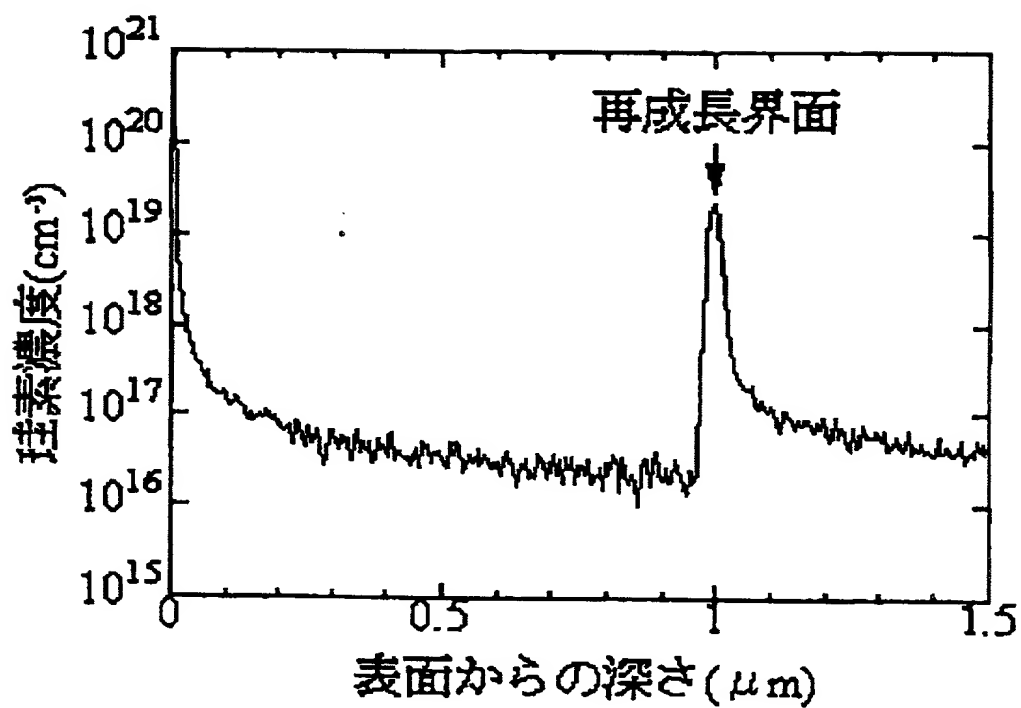
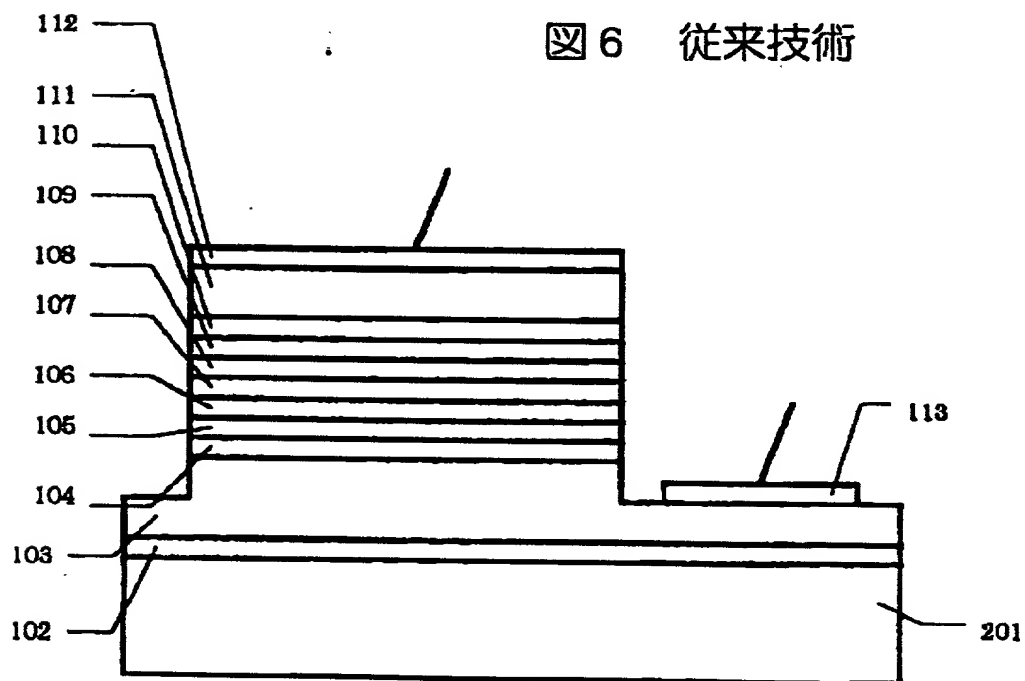


図 6 従来技術





6/7

19698

図7 従来技術

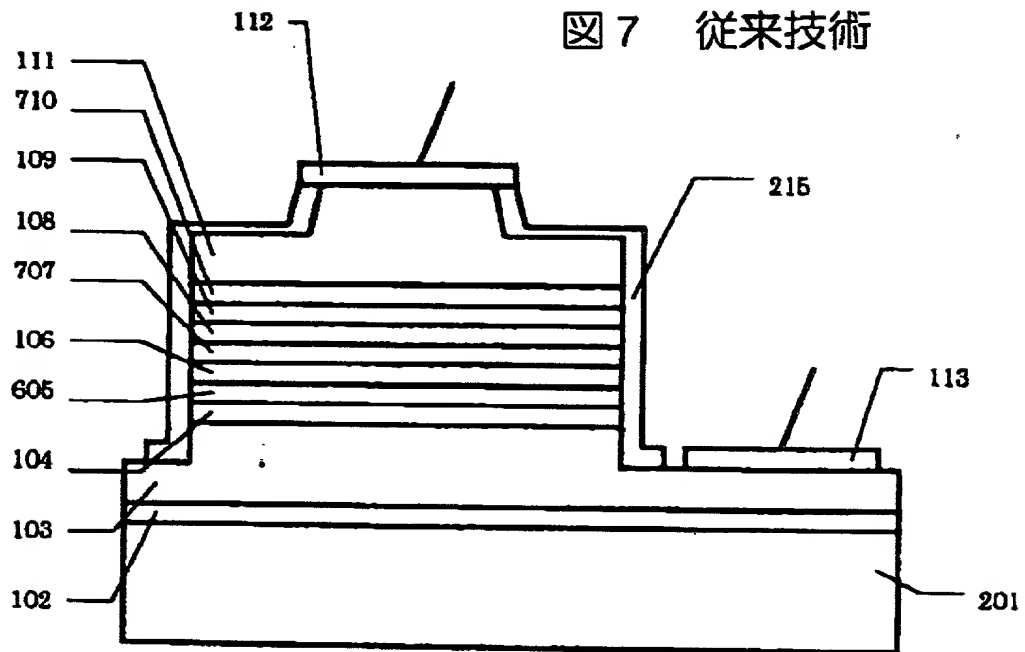
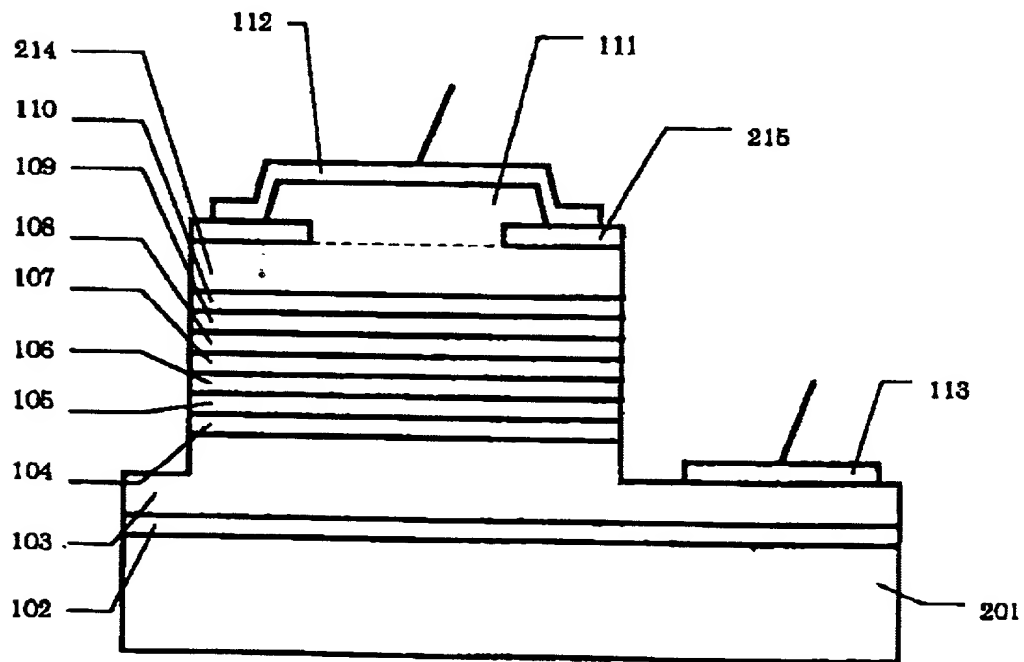


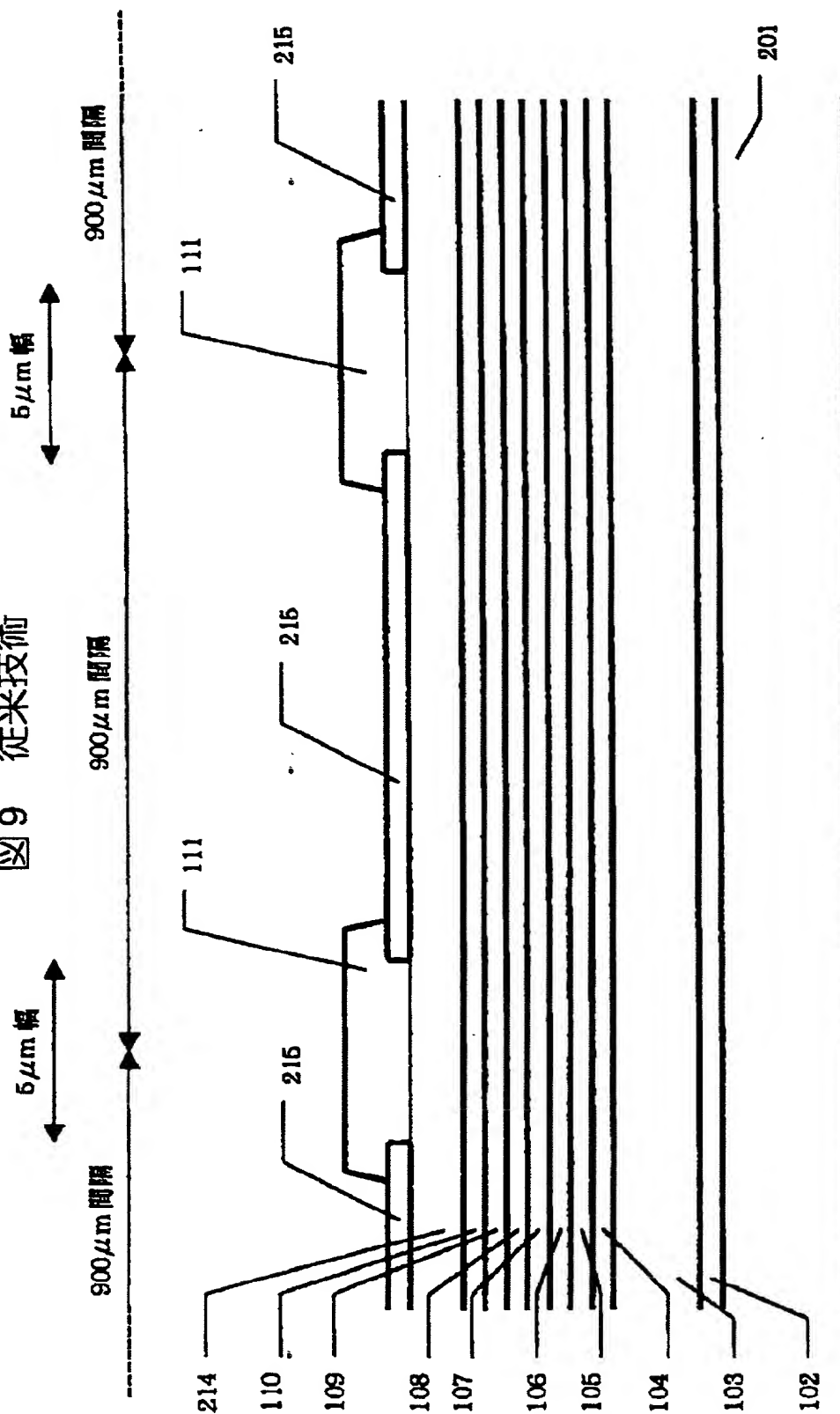
図8 従来技術



7/7

19698

図9 従来技術



9-264225  
(1998)**DECLARATION AND POWER OF ATTORNEY**

As a below named inventor, I hereby declare that my residence, post office address and citizenship are as stated below next to my name: that I verily believe I am the original, first and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter claimed and for which a patent is sought in the application entitled: SEMICONDUCTOR LAYER FORMED BY SELECTIVE DEPOSITION AND METHOD FOR DEPOSITING SEMICONDUCTOR LAYER which application is:

☒ the attached application  
(for original application)

\_\_\_\_\_ application Serial No. \_\_\_\_\_  
filed \_\_\_\_\_, and amended on \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(for declaration not accompanying application)

that I have reviewed and understand the contents of the specification of the above-identified application, including the claims, as amended by any amendment referred to above; that I acknowledge my duty to disclose information of which I am aware which is material to the patentability of this application under 37 C.F.R. 1.56, that I hereby claim priority benefits under Title 35, United States Code §119, §172 or §365 of any provisional application or foreign application(s) for patent or inventor's certificate listed below and have also identified on said list any foreign application for patent or inventor's certificate on this invention having a filing date before that of any foreign application on which priority is claimed:

Application Number	Country	Filing Date	Priority Claimed (yes or no)
9-264225	JAPAN	Sep. 29, 1997	yes

I hereby claim the benefit of Title 35, United States Code §120 of any United States application(s) listed below and, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in a listed prior United States application in the manner provided by the first paragraph of Title 35, United States Code, §112, I acknowledge my duty to disclose any information material to the patentability of this application under 37 C.F.R. 1.56 which occurred between the filing date of the prior application and the national or PCT international filing date of this application:

Application Serial No.	Filing Date	Status (patented, pending, abandoned)
I hereby appoint John H. Mion, Reg. No. 18,879; Donald E. Zinn, Reg. No. 19,046; Thomas J. Macpeak, Reg. No. 19,292; Robert J. Seas, Jr., Reg. No. 21,092; Darryl Mexic, Reg. No. 23,063; Robert V. Sloan, Reg. No. 22,775; Peter D. Olexy, Reg. No. 24,513; J. Frank Osha, Reg. No. 24,625; Waddell A. Biggart, Reg. No. 24,861; Robert G. McMorro, Reg. No. 19,093; Louis Gubinsky, Reg. No. 24,835; Neil B. Siegel, Reg. No. 25,200; David J. Cushing, Reg. No. 28,703; John R. Inge, Reg. No. 26,916; Joseph J. Ruch, Jr., Reg. No. 26,577; Sheldon I. Landsman, Reg. No. 25,430; Richard C. Turner, Reg. No. 29,710; Howard L. Bernstein, Reg. No. 25,665; Alan J. Kasper, Reg. No. 25,426; Kenneth J. Burchfiel, Reg. No. 31,333; Gordon Kit, Reg. No. 30,764; Susan J. Mack, Reg. No. 30,951; Frank L. Bernstein, Reg. No. 31,484; Mark Boland, Reg. No. 32,197; William H. Mandir, Reg. No. 32,156; Scott M. Daniels, Reg. No. 32,562; Brian W. Hannon, Reg. No. 32,778; Abraham J. Rosner, Reg. No. 33,276; Bruce E. Kramer, Reg. No. 33,725; Paul F. Neils, Reg. No. 33,102; and Brett S. Sylvester, Reg. No. 32,765, my attorneys to prosecute this application and to transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith, and request that all correspondence about the application be addressed to SUGHRUE, MION, ZINN, MACPEAK & SEAS, PLLC, 2100 Pennsylvania Avenue, N.W., Washington, D.C. 20037-3202.		

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

Date September 29, 1998 First Inventor Akitaka KIMURA

Residence Tokyo, JAPAN Signature Akitaka Kimura

Post Office Address: c/o NEC Corporation, 7-1, Shiba 5-chome, Minato-ku, Tokyo, JAPAN

Citizenship JAPANESE